

**MERENJE JAČINE MAGNETSKOG POLJA U HE "ĐERDAP 1"**

Mladen Šupić, Momčilo Petrović, Aleksandar Pavlović  
*Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Beograd*

**Sadržaj:** U radu je dat prikaz izmerenih vrednosti jačine magnetnog polja na karakterističnim mestima na području hidroelektrane "Đerdap 1". Merenje i tumačenje dobijenih rezultata izvršeno je prema postojećim međunarodnim standardima i preporukama kojima je regulisana bezbednost pri izlaganju ljudi magnetskom polju niske frekvencije.

**Ključne reči:** magnetno polje, jačina magnetnog polja, merenja.

**1 UVOD**

U okolini strujno opterećenih provodnika javlja se 50 Hz-no vremenski promenljivo magnetsko polje. Karakteristična veličina kojom se ovo polje opisuje je vektor jačine magnetnog polja  $\vec{H}$  [A/m]. U praksi je uobičajeno da se kao pokazatelj o magnetskom polju koristi intenzitet vektora magnetske indukcije  $\vec{B}$  [T]. Veza između veličina  $\vec{H}$  i  $\vec{B}$  u vazduhu je:

$$\vec{B} = \mu_0 \cdot \vec{H}, \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \left[ \frac{H}{m} \right] \quad (1)$$

Da bi se dobila vrednost intenziteta vektora magnetske indukcije potrebno je merenje njegovih komponentata u sve tri ose. Intenzitet vektora  $\vec{B}$  računa se prema relaciji:

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} \quad (2)$$

gde su  $B_x$ ,  $B_y$  i  $B_z$  normalne projekcije vektora  $\vec{B}$  na koordinatne ose Dekartovog pravouglog koordinatnog sistema, sa početkom u tački mernog mesta.

Za potrebe HE "Đerdap 1" izvršena su merenja jačine magnetnog polja i to u RP 400 kV, TS 110/35/10 kV "Sip", Mašinskoj hali, na području prekidača generatora i na platou blok transformatora T1, T2 i T3.

U nedostatku domaćih preporuka i propisa kojima se reguliše bezbednost pri izlaganju ljudi magnetskom polju niske frekvencije, prilikom merenja i tumačenja izmerenih vrednosti jačine magnetnog polja u HE "Đerdap 1" korišćeni su američki (ANSI/IEEE) standardi, standardi Organizacije za evropsku standardizaciju (CENELEC) i preporuke Svetske zdravstvene organizacije (WHO) i Međunarodne komisije za zaštitu od nejonizujućeg zračenja (ICNIRP).

Za merenje jačine magnetskog polja frekvencije 50 Hz korišćen je američki nacionalni standard [1].

Prilikom tumačenja izmerenih vrednosti magnetskog polja frekvencije 50 Hz korišćeni su standardi i preporuke [2] i [3].

## 2 GRANIČNE VREDNOSTI JAČINE MAGNETNOG POLJA

Merenje efektivne vrednosti intenziteta vektora magnetske indukcije sprovedeno je analizatorom magnetskog polja, proizvodnje "Wandel&Goltermann", model "EFA-2". Uređaj je opremljen sondom za izotropsko merenje intenziteta vektora magnetske indukcije, visoke preciznosti, koja omogućava merenje efektivne vrednosti magnetskog polja niske frekvencije istovremeno u sve 3 ose.

Prilikom svih merenja sonda je držana na visini 1 m iznad tla, što je zahtev standarda [1].

Magnetsko polje industrijske učestanosti spada u sporo promenljivo polje što bitno pojednostavljuje njegovo merenje. Potreba za merenjima ove vrste javila se zbog štetnog uticaja magnetskog polja na ljude i opremu. Višegodišnja istraživanja koja su sprovedena u svetu (SAD, Rusija, Švedska, Nemačka, Japan) definitivno su pokazala da postoji štetni uticaj na živa bića, ali još uvek nema potpune saglasnosti o uslovima bezopasnosti o kojima treba voditi računa za vreme boravka ljudi u magnetskom polju.

Preporuke i standardi navedeni u [2] i [3] definišu granične efektivne vrednosti intenziteta vektora magnetske indukcije i vreme izlaganja pri kojima ne može doći do oštećenja zdravlja ljudi koji borave u magnetskom polju industrijske učestanosti (50 Hz).

Granične vrednosti se posebno definišu za javnu bezbednost i zaštitu na radu. Generalno, za javnu bezbednost su ove vrednosti niže tj. zahtevi preporuka su oštriji jer je vreme izlaganja magnetskom polju neograničeno (24 h dnevno). Vrednosti koje se preporučuju iz oblasti zaštite na radu su više, tj. zahtevi preporuka su liberalniji jer se smatra da je izlaganje magnetskom polju ograničeno (8 h u toku radnog dana) ili je izlaganje kratkotrajno.

Vrednosti koje su navedene odnose se na izlaganje čitavog tela dok su vrednosti višestruko veće ako se izlažu samo pojedini delovi tela.

U narednoj tabeli date su granične efektivne vrednosti prema navedenim preporukama i standardima, i to one koje se odnose na javnu bezbednost, što je na strani sigurnosti jer su navedene granične vrednosti niže.

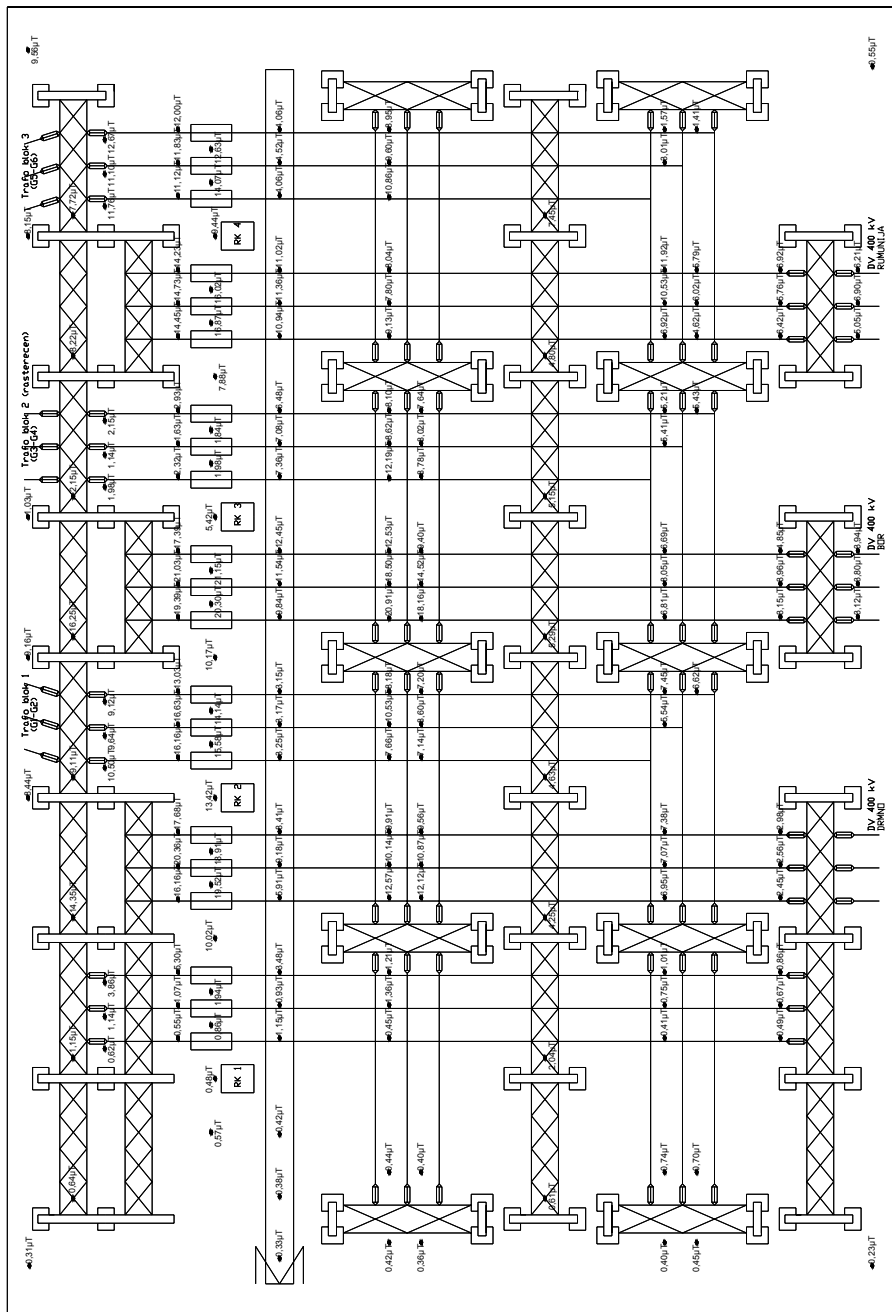
*Tabela 1. Granične efektivne vrednosti intenziteta vektora magnetske indukcije*

Standard (preporuka)	Dozvoljena vrednost intenziteta vektora magnetne indukcije	
	javna bezbednost	zaštita na radu (8h)
	[ $\mu$ T]	[ $\mu$ T]
[2] ICNIRP	100	500
[3] CENELEC ENV 50166-1	640	1600

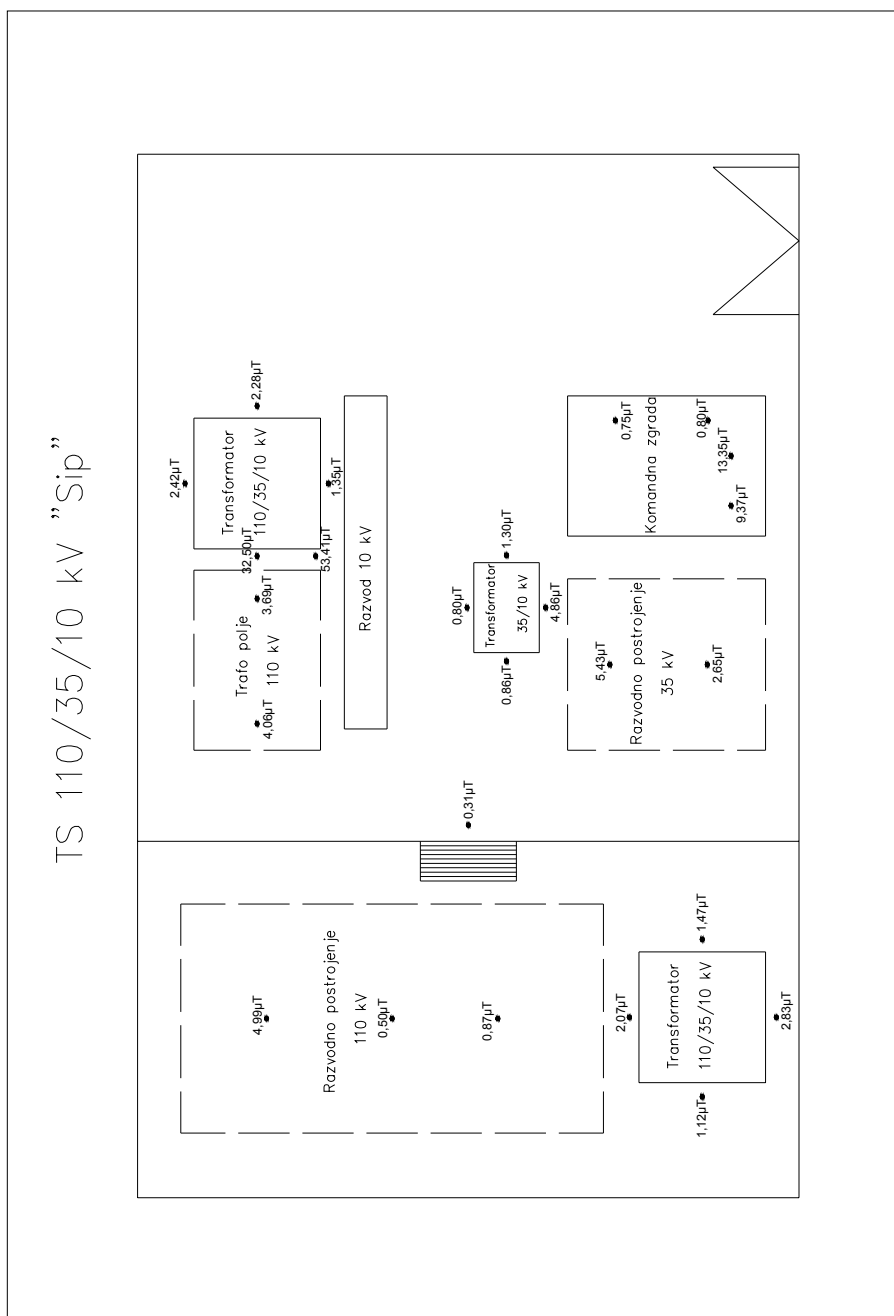
## 3 MERENJE I REZULTATI MERENJA

Merenje jačine magnetskog polja frekvencije 50 Hz sprovedeno je za potrebe Hidroelektrane "Đerdap 1" i to u RP 400 kV, TS 110/35/10 kV "Sip", Mašinskoj hali, na području prekidača generatora i na platou blok transformatora T1, T2 i T3.

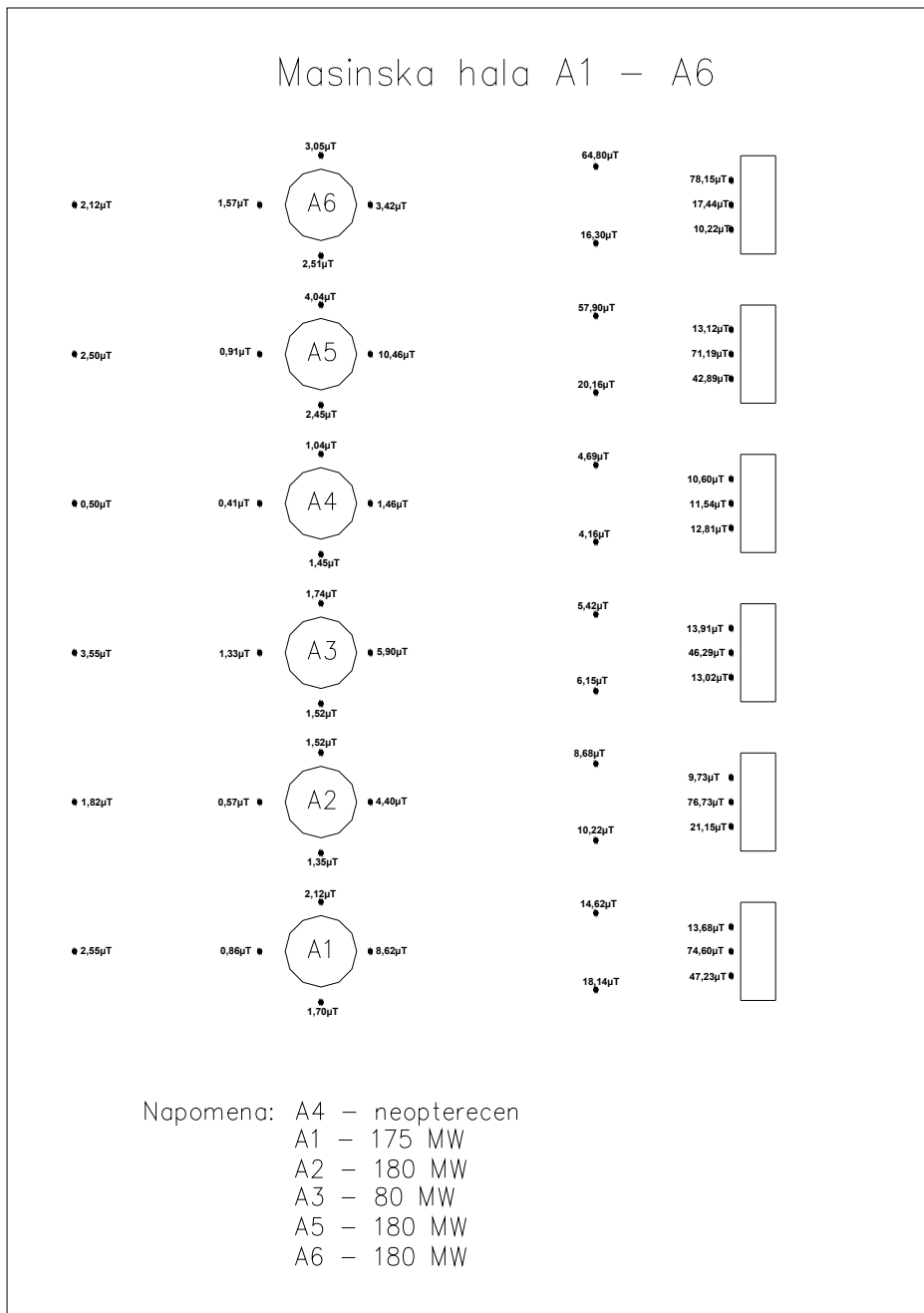
Broj i raspored mernih mesta je tako izabran da bi se mogao proceniti nivo jačine magnetskog polja na celom prostoru. Na slikama 1-5 označena su merna mesta i vrednosti intenziteta magnetne indukcije izmerenog na njima.



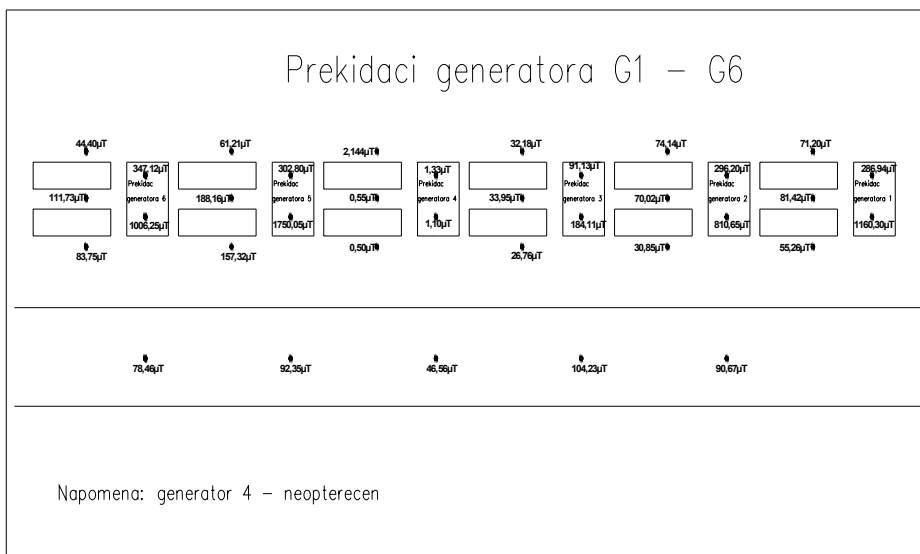
Sl. 1 - Merna mesta u RP 400 kV i vrednosti magnetne indukcije



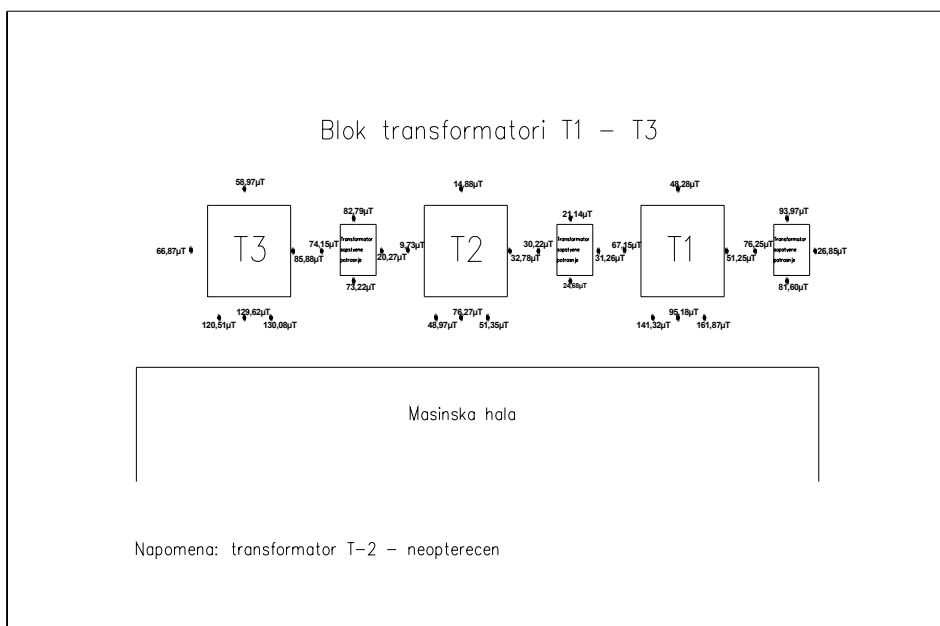
Sl. 2 - Merna mesta u TS 110/35/10 kV "Sip" i vrednosti magnetne indukcije



Sl. 3 - Merna mesta u mašinskoj hali sa generatorima i vrednosti magnetne indukcije



Sl. 4 - Merna mesta kod prekidača generatora i vrednosti magnetne indukcije



Sl. 5 - Merna mesta na platou blok transformatora i vrednosti magnetne indukcije

Maksimalne izmerene vrednosti intenziteta magnetne indukcije date su u tabeli 2.  
*Tabela 2. Maksimalne izmerene vrednosti intenziteta vektora magnetne indukcije u HE "Đerdap 1"*

Naziv mernog mesta	Maksimalna izmerena vrednost magnetne indukcije B [ $\mu$ T]
RP 400 kV	21,15
TS 110/35/10 kV "Sip"	53,41
Mašinska hala A1-A6	78,15
Prekidači generatora G1-G6	1750,05
Blok transformatori T1, T2 i T3	161,87

#### 4 ANALIZA REZULTATA MERENJA

Merenje jačine magnetnog polja, odnosno intenziteta vektora magnetske indukcije frekvencije 50 Hz izvršeno je na preko 400 mernih mesta na području HE "Đerdap 1".

U razvodnom postrojenju 400 kV uočeno je da je intenzitet magnetnog polja najveći na mernim mestima najbližim najopterećenijim dalekovodima. Udaljavanjem od ovih dalekovoda intenzitet magnetnog polja se smanjivao, pa su kod neopterećenih dalekovoda i na obodu postrojenja izmerene značajno niže vrednosti.

U TS 110/35/10 kV "Sip" najveća vrednost intenziteta magnetnog polja izmerena je u neposrednoj blizini transformatora, a ostale vrednosti su značajno niže.

U mašinskoj hali su najveće vrednosti merene u neposrednoj blizini indukcionog brojila, kao i iznad statorskih namotaja generatora.

Više vrednosti od graničnih vrednosti intenziteta vektora magnetne indukcije definisanih preporukama i standardima navedenih u tabeli 1 izmerene su na pojedinim mernim mestima kod prekidača generatora kada su oni bili nominalno opterećeni.

Na platou blok transformatora T1, T2 i T3, na pojedinim mernim mestima u njihovoj neposrednoj blizini, izmerene vrednosti magnetne indukcije više su od maksimalne definisane za javnu bezbednost, ali su niže od vrednosti definisane za zaštitu na radu.

Na svim ostalim mernim mestima izmerene vrednosti magnetske indukcije frekvencije 50 Hz su niže od graničnih vrednosti propisanih za javnu bezbednost i zadovoljavaju zahteve preporuka i standarda navedenih u tabeli 1.

#### 5 ZAKLJUČAK

Izmerene vrednosti intenziteta magnetne indukcije na području HE "Đerdap 1" su znatno ispod graničnih datih u tabeli 1. Više vrednosti od graničnih izmerene su kod prekidača generatora. Na tim mestima, gde su vrednosti magnetne indukcije preko 500  $\mu$ T potrebno je vremenski ograničiti boravak ljudi. Prema [4] to ne bi trebalo da bude više od 2h. Pored blok transformatora T1, T2 i T3 izmerene vrednosti magnetne indukcije su više od onih definisanih za javnu bezbednost, ali niže od onih za zaštitu na radu. To znači da bi prema postojećim preporukama [2] i [3] boravak ljudi na ovim mestima trebalo ograničiti na 8h dnevno.

#### LITERATURA

- [1] ANSI/IEEE Std 644-1987 (Revision of IEEE Std. 644-1979)

- [2] "Interim guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields", International Non-ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association (January 1990.)
- [3] "Human exposure to electromagnetic fields - Low frequency (0 Hz to 10 kHz)", European prestandard, ENV 50166-1, January 1995. European Committee for Electrotechnical Standardization
- [4] "Limits for human exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields in the frequency range up to 300 GHz", World Health Organization, November 2001
- [5] "Magnetska polja – vodič za zdravlje i zaštitu", Program Ujedinjenih nacija za životnu sredinu, Međunarodno udruženje za zaštitu od zračenja, Svetska zdravstvena organizacija, maj 1995
- [6] "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)", ICNIRP Guidelines, 1998
- [7] Milivoje Bujenović, Aleksandar Pavlović, Miomir Senčanić: "Nivo bezbednosti u elektromagnetskom polju kroz dvadeset godina istraživanja u elektroenergetskim objektima", Zbornik radova Elektrotehničkog instituta "Nikola Tesla", Beograd, 1998. str.41-46.

**Abstract:** The paper presents some measurement results of magnetic field strength at The Power Station "Derdap 1", performed by The Electrical Engineering Institute "Nikola Tesla", Belgrade. Measurement results are reviewed concerning a few international standards.

#### **MEASUREMENT OF MAGNETIC FIELD STRENGTH**

Mladen Šupić, Momčilo Petrović, Aleksandar Pavlović